

冷蔵庫の除霜方式

Defrost System of Household Refrigerator

鈴木 雄 毅*
Yuuki Suzuki

内 容 梗 概

冷蔵庫の除霜方式は近年冷蔵庫の品質評価における重要な要素となっている。本論文は除霜方式の種類とその利害得失を論じ、特に霜付量と除霜時間の関係、除霜時の庫内温度上昇、除霜時の消費電力、霜付量と自動排水蒸発装置の蒸発能力との関係などにつき述べている。

1. 緒 言

冷蔵庫はドア開閉を行なうたびに外気より庫内に水分が浸入し、また湿気の高い食品を貯蔵すると、その水分が放出されて蒸発器に霜付を生ずる。この霜が多量になると霜の熱伝導率が小さいために冷蔵庫の冷却能力が減ってくる。特にわが国の夏期は諸外国よりも高温多湿のために霜の生成が多く、国内の同業各社とも除霜方式の研究改良に重点をおいている。特に最近の除霜装置は単に蒸発器に付着した霜を除霜する装置のみならず、除霜水を排水し自動的に蒸発せしめるいわゆる自動排水蒸発装置をも含めた広義のものとなってきている。除霜方式は霜取開始、霜の融解、霜取終了、除霜水の蒸発の各機能においていろいろのものが考えられるのでここにその利害得失を検討し、霜が付着してから蒸発が終了するまでの一連の機能すなわち霜付量と除霜時間の関係、除霜時の庫内温度上昇、除霜時の消費電力、霜付量と自動排水蒸発装置の蒸発能力との関係などについて述べるものである。

2. 除 霜 方 式

冷蔵庫の除霜方式には種々の方式があるが蒸発器に全然霜のつかない冷蔵庫はいまだ出現していない。いずれも常時あるいは間欠的に除霜を行なう方式を採用している。このような観点にたつて除霜方式を分類すると次の2種に大別できる。

- (1) 間欠除霜方式
- (2) 常時除霜方式

間欠除霜方式は通常用いられている方式で、間欠的に時間をおいて除霜を行なう方式である。常時除霜方式は常時運転中の冷却時に蒸発器に付着した霜を圧縮機の停止時ごとにただちに除霜してしまう方式で、間欠除霜方式よりもはるかにひん繁に除霜を行なうものである。このために温度制御装置は通常の庫内温度制御装置とはだいぶ異なった構造となっており、作動値の on 温度（冷却開始の温度）が0℃以上となっていなければならない。一般にこの温度制御装置を通常 Constant Cut-in Thermostat と称している。このようにすれば断続運転中に蒸発器の温度は必ず0℃以上になるから、蒸発器についた霜は断続運転中に除霜されることになる。なほこの方式はひん繁に除霜するので霜付量が最も少ない方式であるが、実際には次の欠陥があるので特殊冷蔵庫以外にはあまり使用されていない。

- (1) 蒸発器の平均温度が高くなるので製氷能力が減ずるとともに庫内温度を低めに設定することが困難である。
- (2) 除霜がひん繁に行なわれ短時間に終了するので除霜水の排水を迅速に行なわないと排水口が凍結する場合がある。
- (3) 温度調節器の on 温度がいずれのノッチにおいても+5℃近辺の一定値となるためダイヤル位置による庫内温度差を

* 日立製作所栃木工場

大きく変えることがむずかしい。

常時除霜方式のうち蒸発器を見えない部分（たとえば内箱の後など）に設け、ファンを用いて庫内を強制通風で冷却する方式がある。この場合には蒸発器に霜が生成するが、霜が目視できない部分に付着するのでフロストフリーと称せられている。この方式はアメリカにおいて大形冷蔵庫に盛んに使用されているが、製氷能力が劣るのでフリーザと併用して使用される場合が多い。機構も複雑でその上単独冷蔵庫としての製氷能力が小さいので、わが国の小形家庭用冷蔵庫には適当な方式とは考えられない。以上のように常時除霜方式やフロストフリー方式はそれぞれ欠陥があるので間欠除霜方式が最も広く使用されているわけである。間欠除霜方式も除霜開始、霜の融解、除霜終了の各機能について各種の方式がありこれを表に記すと第1表のようになる。これらの各方式はそれぞれ特長があり利害得失があるが冷蔵庫を実際に使用する立場にたつて各機能の理想形を考えてみると次のようになる。

第1表 除 霜 方 式

I 霜取開始方式	II 霜の融解方式	III 霜取終了方式
(1) 手 動 式 (A) ダイヤル式 除霜用温度調節器を特に設けず庫内温度調節器の霜取ノッチを使用する。 (B) 押ボタン式 除霜用温度調節器の押ボタンを押すことよつて除霜を開始する。	(1) 自然融解式 (A) オフサイクル式 圧縮機の運転を止めて外気よりの熱により霜を融解する。 (B) ファン式 圧縮機の運転を止め庫内に設けたファンを運転して外気よりの熱により迅速に霜を融解する。	(1) 手 動 式 (A) ダイヤル式 温度調節器の霜取ノッチより通常使用ノッチにダイヤルを回す。
(2) 自 動 式 (A) タイマー式 タイマーにより一定時刻に除霜を開始する。 (B) 運転時間積算式 運転時間を積算し一定運転積算時間に達した場合に除霜を開始する。 (C) ドア開閉回数積算式 ドア開閉回数を積算し開閉回数が一定値に達した場合に除霜を開始する。 (D) 霜厚検知式 霜厚が一定の厚さになったときにリレーを働かせて除霜を開始する。	(2) 加熱融解式 (A) ホットガス式 圧縮機を運転したまま凝縮器を通さずパイパスによりホットガスを直接蒸発器に導きこの凝縮熱により霜を融解する。 (B) 逆サイクル式 四方弁により通常運転と逆の経路に冷媒を流すことにより凝縮熱を利用して霜を融解する。 (C) ヒータ加熱式 蒸発器表面にヒータを設けこのヒータに通電することにより霜を融解する。	(2) 自 動 式 (A) 温度復帰式 除霜用温度調節器を使用し蒸発器の温度が+3~+5℃になったときに霜取を終了する。 (B) 時間復帰式 タイマーを使用して除霜開始一定時間後に霜取を終了させる。

- 1) 霜取開始方式
 - (a) 霜厚があまり厚くならないうちに霜取を開始すること。
 - (b) 冷蔵庫を製氷または食品の冷却に使用していないときに霜取を開始すること。
 - (c) 霜取および霜取中止が任意に選択できること。
- (2) 霜の融解方式
 - (a) 除霜のために電力を多く消費しないこと。
 - (b) 不必要に長時間の除霜を行なわないこと。
- (3) 霜取終了方式
 - (a) 霜取中に庫内の食品の温度が上らないこと。
 - (b) 霜取を終了したときに蒸発器に霜が残らないこと。

これらのことを考慮して各種の方式を検討すると次のようになる。

2.1 霜取開始方式

運転時間積算方式は周囲温度が高くて冷蔵庫のドア開閉がひん繁に行なわれ、したがって運転時間が長くなるときに蒸発器に付着する霜の量も多くなることを利用して考えられた方式である。すなわち冷蔵庫の運転時間を積算して検出し一定運転時間になった場合に霜取が開始されるものである。たとえば運転積算時間が12時間に到達したときに除霜を開始するものとすれば、夏期の運転率50%、冬期の運転率が10%の場合、夏期は1日1回、冬期は5日に1回除霜が行なわれる。これは一見合理的にみえるが、温度調節器のダイヤルノッチの位置によっても運転率がかわり、使用者はいつ除霜が開始されるか全く不明である。しかも昼間は周囲温度が高く、ドアもひん繁に開閉するので運転率が高くなり、昼間に除霜の開始する確率が高い。ドア開閉回数積算方式は霜の付着量がドア開閉回数の増加にともない多くなることを利用し、ドア開閉回数を積算検出して一定積算回数になったときに霜取を開始する方式である。この方式もドア開閉回数を使用者が記憶しておくことは困難であるから霜取開始時期は不明でありドアをひん繁に開閉している昼間に除霜が開始される確率が多い。

以上のように霜取開始の自動化については種々の方式があるが、いずれも機構が複雑なうえに使用上の不便があり、自動化がかえってわずらわしくなることがある。この意味からすれば手動押ボタン方式は使用者の意志によって除霜できるという実質的な利点をもっており、就寝前とか外出前に除霜を行なうことにより安心して使用できる。この考えをさらに便利にしたものが夜間自動的に除霜を開始するタイマ式である。これは24時間タイマを使用して、午前1時ごろに除霜を開始するもので、毎日1回除霜を行なうので霜付量も少なく、庫内温度上昇も少なく、除霜開始方式としては理想的といえる。

2.2 霜の融解方式

霜の融解方式には自然融解式と加熱融解式とがある。自然融解式は圧縮機を止めて庫外より断熱壁を貫流する熱により霜を融解する方式でその代表的なものがオフサイクル式である。加熱融解式はこの貫流熱に加えて蒸発器に強制的に熱を加えて急速に融解する方式でその代表的なものにホットガス方式がある。加熱融解式は霜の融解に使用される熱量が大きいため除霜時間が短くてすむが加熱に必要な電力を多く要する。これに対し自然融解式は除霜時間は多少長くなるが除霜のために電力を必要としない。このようにそれぞれ特色をもっているが小形家庭用冷蔵庫としてはどちらがすぐれているかという点について考えてみると次のようになる。除霜開始方式が運転時間積算式またはドア開閉積算式を用いる場合には冷蔵庫を最も多く使用する昼間に除霜が開始される公算が多いので除霜を短時間に終了させる必要があり、このために電力消費量の多い加熱融解式を使用せざるを得ない。除霜開始方式を夜間に開始するものとすれば除霜に多少時間のかかることは問題とならず自然融解式のほう

が経済的で家庭用冷蔵庫には適した除霜方式といえる。

2.3 霜取終了方式

霜取終了方式には時間復帰式と温度復帰式がある。時間復帰式は霜取開始後タイマにより一定時間だけ霜取を行なう方式で、霜取開始後霜取終了までの時間は霜付量の多少にかかわらず一定である。したがって霜付量の少ないときは実際の霜取が完了しても一定時間だけは加熱されるので不要な熱が庫内に浸入し庫内温度を上昇せしめることになる。また霜付量が多いときは実際の除霜が完了しなくても一定時間経過後に再び冷却運転に復帰してしまうので霜を蒸発器に残すことになる。霜付量は周囲の温度および湿度、ドア開閉ひん度、貯蔵食品の量によっても大幅に変化するから、一定時間だけ除霜を行なう場合には必ず不必要に庫内温度を上昇せしめたり、霜を残したりする。これに対し温度復帰方式は蒸発器の霜が溶けつつあるときは0°Cを保持し霜が溶け終わって水となれば温度上昇を開始する現象を利用し、0°Cよりわずかに高い温度で冷却運転に復帰できるような除霜用の温度調節器を使用する方式である。この場合は霜の多少にかかわらず霜が完全に融解したときのみに冷却運転に復帰するので、いつも完全に除霜を行なうことができる。このように除霜終了方式としては温度復帰式が理想的である。

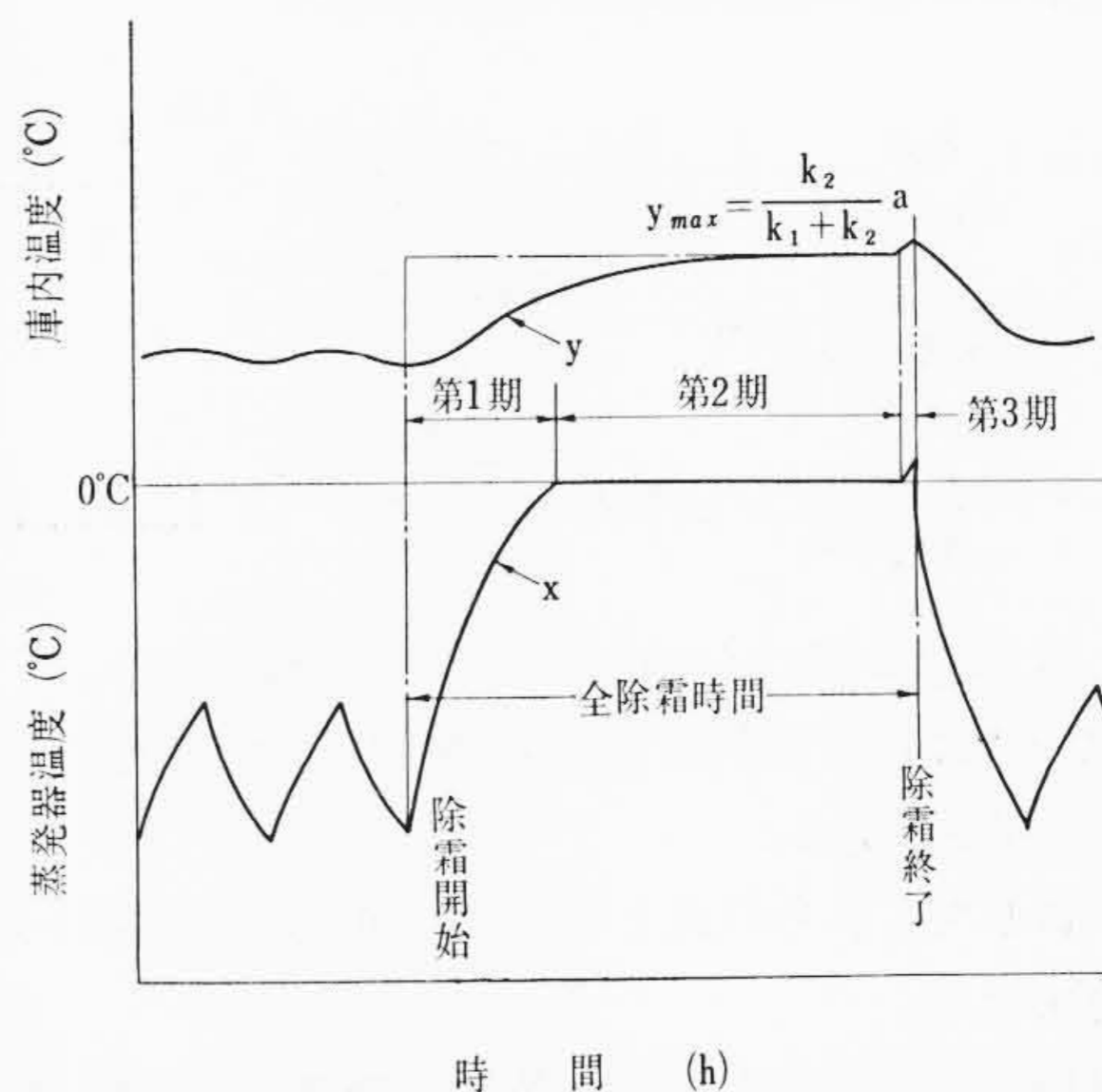
以上のように除霜方式を各機能に分類して比較検討してみると霜取開始方式は夜間冷蔵庫を使用していないときに除霜開始する方式が最もよく、これに結びつけて考えると自然融解による霜の融解方式が経済的であり、霜取終了方式は完全に霜取を完了するという意味で温度復帰方式がよいといえることができる。

3. 除霜方式の問題点

3.1 除霜時間と庫内温度上昇

除霜を行なう場合蒸発器の温度は-20°C程度から0°Cまで上昇する。したがって庫内温度の上昇をとまらすが、食品貯蔵の意味から除霜時にはできるだけ庫内温度上昇を少なくすることが望ましい。第1図はオフサイクル式の除霜時における蒸発器および庫内温度変化を示すもので全除霜時間を図のように3段階に分けることができる。

- 第1期：蒸発器の温度が0°Cになるまでの期間で霜の融解は始まっていない。
 - 第2期：蒸発器の温度が0°Cを保ち、霜が融解している期間である。
 - 第3期：蒸発器の霜が溶け終わって蒸発器の温度が+4°C前後の温度となり除霜用温度調節器がリセットし再び冷却運転にはいるまでの期間、つまり除霜完結の期間である。
- それぞれの期間について経過時間と蒸発器ならびに庫内の温度と



第1図 除霜中の蒸発器と庫内の温度変化

の関係は次式によって得られる。

$$\text{第 1 期 } \left\{ \begin{array}{l} c_1 dx = k_1 (y-x) dt \\ c_2 dx = k_2 (a-y) dt - k_1 (y-x) dt \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{第 2 期 } \left\{ \begin{array}{l} q dm = k_1 y dt \\ c_2 dy = k_2 (a-y) dt - k_1 y dt \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{第 3 期 } \left\{ \begin{array}{l} c_1' dx = k_1 (y-x) dt \\ c_2 dy = k_2 (a-y) dt - k_1 (y-x) dt \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

- ここに c_1 : 蒸発器の熱容量(霜があるとき)
 c_2 : 冷蔵庫箱の熱容量
 k_1 : 蒸発器と庫内との熱貫流係数
 k_2 : 庫内と外気との熱貫流係数
 c_1' : 蒸発器の熱容量(霜がないとき)
 x : 蒸発器温度
 y : 庫内温度
 a : 室内温度
 t : 時間
 q : 氷の融解熱
 m : 霜の量

第 1 期について(1)式を解くと

$$\left. \begin{array}{l} x = A_1 e^{D_1 t} + A_2 e^{D_2 t} + a \\ y = B_1 e^{D_1 t} + B_2 e^{D_2 t} + a \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

$$D_1 = -\frac{1}{2} \left\{ \frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2} + \frac{k_1}{c_2} - \sqrt{\left(\frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2} + \frac{k_1}{c_2} \right)^2 - 4 \frac{k_1}{c_1} \cdot \frac{k_2}{c_2}} \right\}$$

$$D_2 = -\frac{1}{2} \left\{ \frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2} + \frac{k_1}{c_2} + \sqrt{\left(\frac{k_1}{c_1} + \frac{k_2}{c_2} + \frac{k_1}{c_2} \right)^2 - 4 \frac{k_1}{c_1} \cdot \frac{k_2}{c_2}} \right\}$$

となり $\frac{B_1}{A_1} = \frac{k_1 + c_1 D_1}{k_1} = \lambda_1$, $\frac{B_2}{A_2} = \frac{k_1 + c_1 D_2}{k_1} = \lambda_2$ という関係がある。初期条件として $t=0$ のとき $x=x_0$, $y=y_0$ とすれば

$$\left. \begin{array}{l} A_1 + A_2 = x_0 - a \\ \lambda_1 A_1 + \lambda_2 A_2 = y_0 - a \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

が得られるから

$$A_1 = \frac{\lambda_2 (x_0 - a) - (y_0 - a)}{\lambda_2 - \lambda_1}, \quad B_1 = \lambda_1 A_1$$

$$A_2 = \frac{y_0 - a - \lambda_1 (x_0 - a)}{\lambda_2 - \lambda_1}, \quad B_2 = \lambda_2 A_2$$

として(4)式の常数が定まる。(4)式において $x(t)=0$ を満足する t が第 1 期の除霜時間であり、この t を $y(t)$ の式に代入すれば第 1 期終了時の庫内温度が計算できる。第 2 期について(2)式を解くと庫内温度および霜の融解量は次の式となる。

$$y = \frac{k_2 a}{k_1 + k_2} - \left(\frac{k_2 a}{k_1 + k_2} - y_1 \right) e^{-\frac{k_1 + k_2}{c_2} t} \dots\dots\dots (6)$$

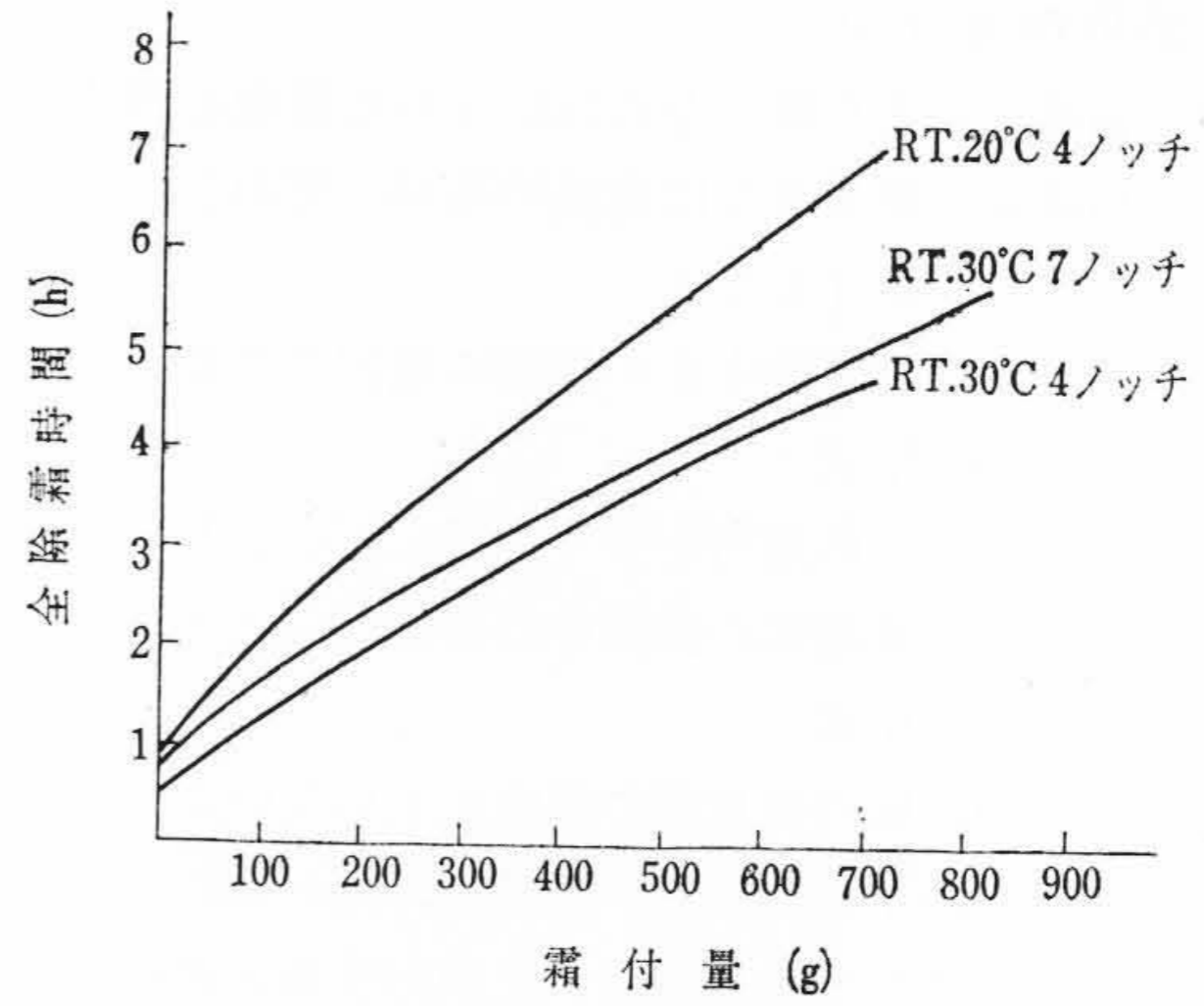
$$m = \frac{k_1 k_2}{q(k_1 + k_2)} at - \frac{k_1 c_2}{q(k_1 + k_2)} \left(\frac{k_2 a}{k_1 + k_2} - y_1 \right) \left(1 - e^{-\frac{k_1 + k_2}{c_2} t} \right) \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 y_1 は第 2 期の $t=0$ における y の値である。

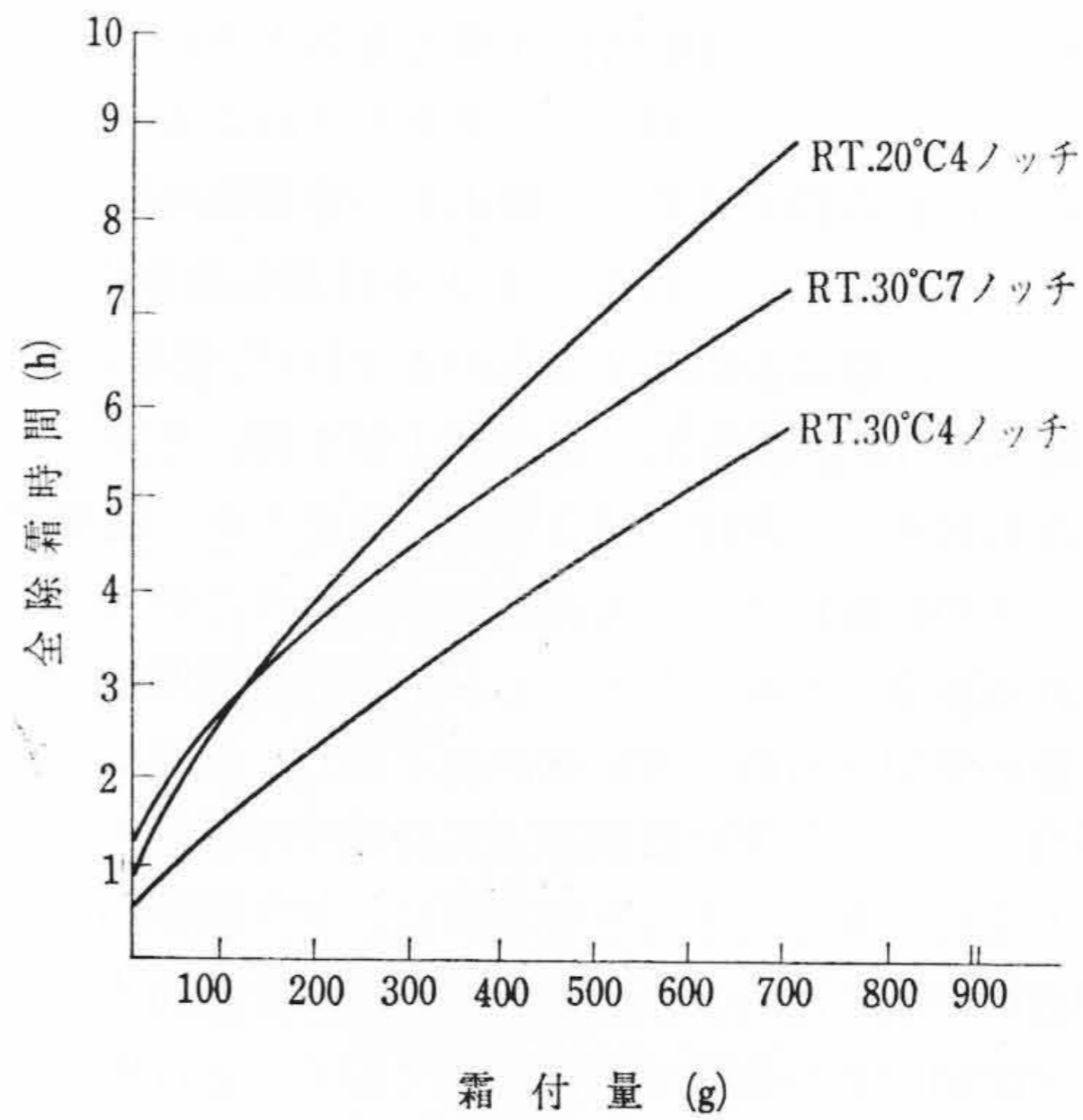
第 3 期は一般に時間も少なくこの期間における庫内温度上昇は 0.5~1.0 deg 程度である。

このようにしてこれらの式より除霜時間および除霜終了時の庫内温度が計算できる。

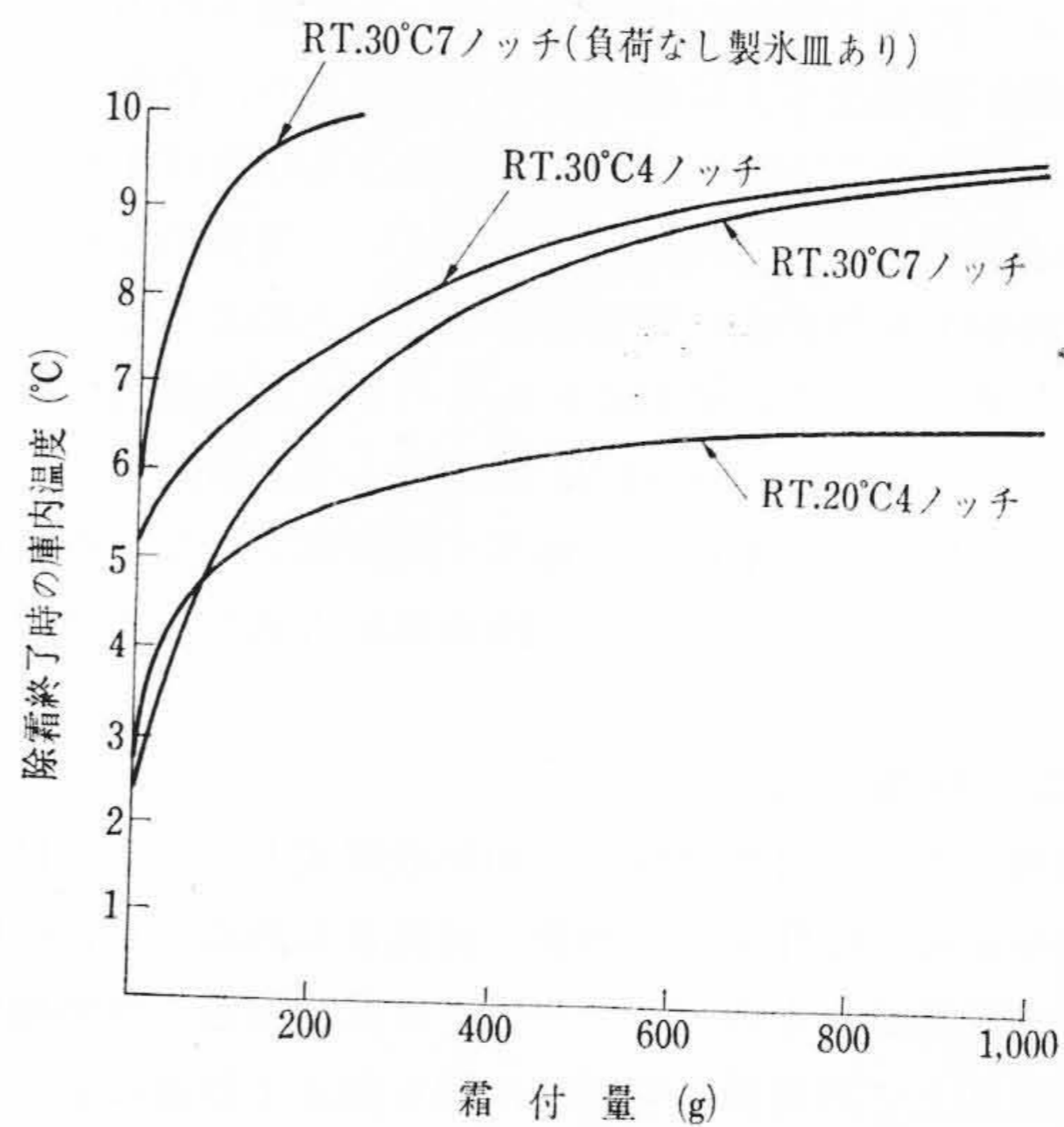
第 2 図は庫内に負荷を入れない場合、第 3 図は牛乳 20 本、ビール 3 本に相当する負荷を入れた場合の霜付量と全除霜時間を計算し



第 2 図 霜付量と全除霜時間 (負荷なし 製氷皿あり)



第 3 図 霜付量と全除霜時間 (負荷あり 製氷皿あり)



第 4 図 霜付量と除霜終了時の庫内温度 (負荷あり, 製氷皿あり)

た結果を示したものである。また、除霜終了時の庫内温度を計算した結果を第 4 図に示した。このように冷蔵庫に負荷を入れた場合には負荷の熱容量がかなり大きいために庫内温度はなかなか上昇せず除霜時間も長くなるのである。霜付量はドア開閉がひん繁に行なわれる盛夏に最も多いが、この場合でも 1 日につき 200g 程度であるから、1 回の除霜を行なう場合の庫内温度上昇は除霜終了時において高々 2~3 deg であり、食品に対する影響は全くないといえる。除霜終了時の庫内温度はほぼ周囲温度に比例するから夜半に除霜を

第2表 除 霜 方 式

	霜取開始方式	霜の融解方式	霜取終了方式
A 方式	タイマ式	オフサイクル式	温度復帰式
B 方式	運転時間積算式	ホットガス式	時間復帰式

行なえばますます温度上昇の値は小さくなる。また除霜時間も夜間に行なえば朝までには冷却運転に復帰しているので使用上に不便をすることはない。

3.2 除霜時の消費電力

除霜方式を第2表のように2種に選定した場合1年を通じて消費電力がどの程度異なるかを検討してみる。1年間の平均気温を20℃、1日の霜付量を100gとし、冷蔵庫の通常運転時における電力消費量が36WH/時で、A方式は1日1回、B方式は5日に3回除霜を行なうものとする。A方式は除霜時に電力を消費しないがB方式は除霜時に電力を消費する。したがって両者の除霜時間の差による電力消費量以上にB方式は電力を消費するわけであるが簡単のためにまず除霜時間の差だけを考える。第3図よりA方式は除霜時間が約2時間30分であり、B方式は30分の時間復帰であるとする両者の差は2時間である。したがって両者の1日当たりの電力消費量の差は $W_1 = \frac{36 \times 11}{5} = 79 \text{ WH/日}$ となる。実験によれば1回の除霜にホットガス方式は70WHを余分に消費するので1日当たりでは $W_2 = \frac{70 \times 3}{5} = 42 \text{ WH/日}$ だけ多く消費する。したがってA方式とB方式の1日当たりの電力消費量の差は $W = W_1 + W_2 = 121 \text{ WH/日}$ 、1年で44kWHとなり36WH/時で除すると約51日分の電力の差となる。つまりオフサイクル方式は家庭用冷蔵庫として非常に経済的な除霜方式であるといえることができる。

3.3 霜 付 量

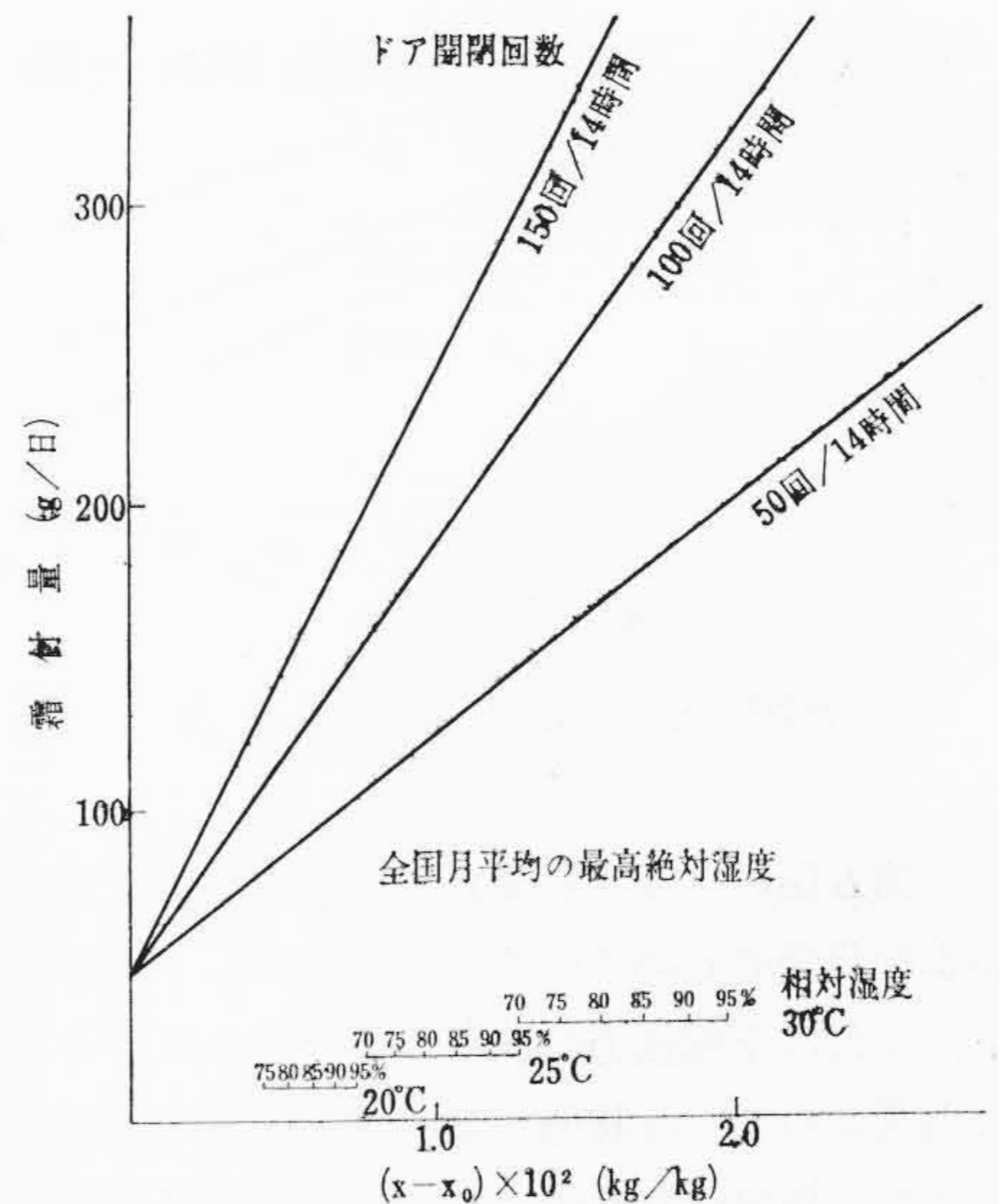
冷蔵庫の除霜方式を決める場合、1日にどの程度の霜が付着するかを知っておく必要がある。霜付の原因となる水分は貯蔵食品から放出される水分とドア開閉時に外部から浸入する水分とに大別できる。

ドア開閉時に外部から水分が浸入する場合、外気の水分はまず低温になっている冷蔵庫の内壁や食品の表面に凝縮し、ドアを閉めたのちに蒸発器に移動するものと考えられる。したがってドア開閉時の外気の絶対湿度、ドア開閉ひん度、ドア開放時間などの要素のほかに冷蔵庫内壁および食品の表面積を考慮にいれなければならない。これらの各要素については実験を行なった結果次の実験式を得た。

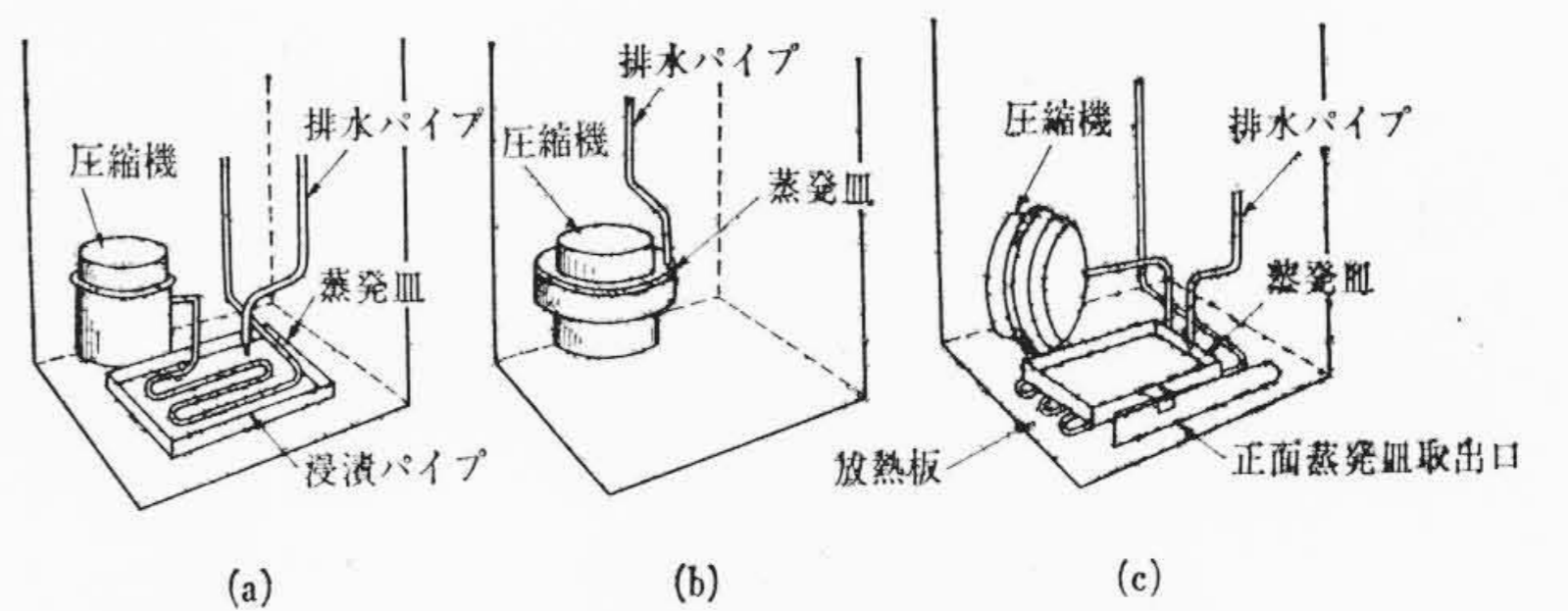
$$W = \alpha \frac{S_0 + S}{S_0} (x - x_0) n^{0.82} y^{0.87} + 0.02 G + 0.1 S + R$$

- ここで W: 1日の霜付量 (g/日)
- x: 外気の絶対湿度 (kg/kg')
- x₀: 冷蔵庫内壁および食品表面温度に相当する絶対湿度 (kg/kg')
- n: 1日のドア開閉回数
- y: ドア開閉時の開放時間 (s)
- S₀: 冷蔵庫内壁表面積 (cm²)
- S: 食品の表面積 (cm²)
- G: 野菜のように放出水分の多い食品の重量 (kg)
- S': 水分のはいった容器の表面積 (cm²)
- R: パッキング部その他よりの浸入水量 (g)

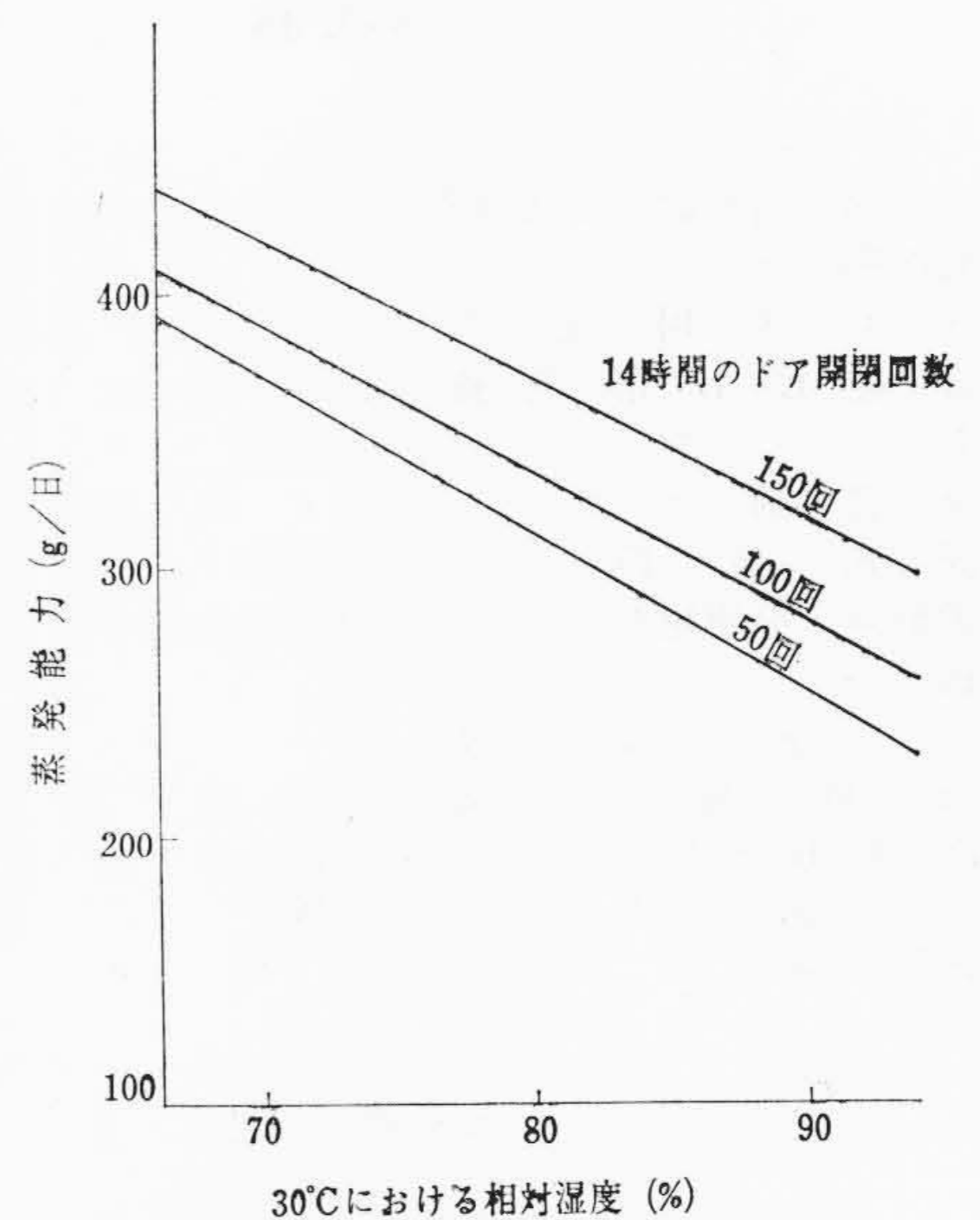
これらの実験式より100l級の小形家庭用冷蔵庫の周囲絶対湿度に対する霜付量の関係を計算すると第5図のようになる。なおこの場合の計算の基礎はドア開閉は朝7時より夜9時まで14時間の間、等間隔に行なわれ、1回のドア開放時間は10秒、貯蔵する冷蔵庫



第5図 絶対湿度と1日の霜付量



第6図 蒸発皿の加熱方法

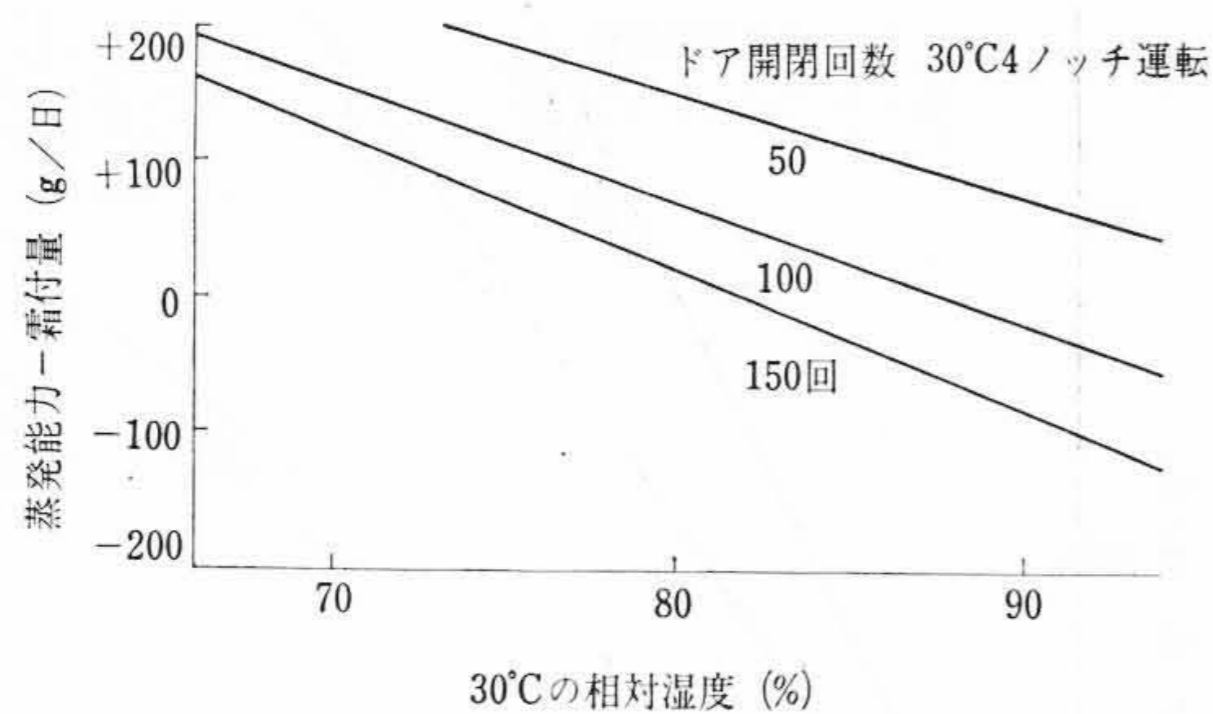


第7図 相対湿度と蒸発量

の負荷としてはビール4本、サイダー2本、ジュース6本、牛乳5本、カンヅメ12個、製氷皿2個とした。これらの条件は霜付量に対しては最悪と考えられる条件であるので実際の使用状態においては霜付量は第5図の値より下回るものである。家庭用電気冷蔵庫は普通ドア開閉回数は80回/日程度が最高であり、また絶対湿度は国内で $1.98 \times 10^{-2} \text{ kg/kg}$ が過去に記録された月平均最高値であるので200g/日を越えることはまずないといえる。

3.4 自動排水蒸発装置の蒸発速度

最近の冷蔵庫は除霜水の処理を自動的に行なう自動排水蒸発装置も除霜方式の重点機能となってきている。この蒸発方式にも各種の



第8図 相対湿度と蒸発余力

方法があるが、第6図のようにいずれも圧縮機または凝縮器の熱を利用して除霜水を蒸発せしめている。いずれにしてもこの蒸発装置は冷蔵庫の下部または下部後方に位置するのでちりやほこりが付着しやすく、長期間このような状態を継続することははなはだ不衛生であるので蒸発皿を簡単に取り出して清掃できる(C)方式が最も望ましい。この蒸発装置の蒸発速度は冷蔵庫の霜付量に合致したものでなければ除霜水があふれて床をぬらすことになる。ドア開閉のひ

んどが多くなると冷蔵庫の運転率が増加し加熱温度も上昇するので蒸発能力も増加するが、これも考慮に入れて霜付量の項で述べた条件と同一条件で蒸発速度を調査すると第7図のようになる。これを第5図の1日の霜付量と比較し蒸発能力の余力を求めると第8図のようになり気温が30°Cで相対湿度が90%、1日のドア開閉回数が150回というような悪条件が1カ月続いても、蒸発皿の容積を2.4lにとってあればあふれることはないことになる。このような条件は従来の気象統計上からもあり得ないので全く心配はない。

4. 結 言

以上冷蔵庫除霜方式の各種比較検討と問題点につき述べたが結論としていえることは、最も使いやすく経済的で家庭用冷蔵庫に適した除霜方式はオフサイクル式で、夜間に除霜を行ない、除霜終了を温度復帰で行なう方式である。これには除霜開始は押ボタン式で十分であるがさらに便利なものにタイマ式がある。われわれは64年形小形家庭用冷蔵庫にこれらの除霜方式を全面的に採用し、これをフロストップ式除霜方式と名付けた。

Vol. 46 日立評論 No. 6
目 次

- 変断面片持ちはりおよび準傘形水車発電機励磁機軸の固有振動
- プレス用大容量誘導電動機
- 日立EB形電機調速機について
- トランジスタスターバ
- 全自動エレベータの電子装置
- 湿式多段クラッチの性能
- 角形コアを使用した小形三相誘導電動機の磁気回路の解析
- フ
- ア
- ミ
- リ
- ー
- ク
- ー
- ラ
- 冷 蔵 庫 の 庫 内 温 度 分 布
- 冷 媒 R-22 の 水 平 管 内 凝 縮 熱 伝 達
- 高 出 力 S T L 装 置
- F L 形 ミ ゼ ッ ト リ レ ー

- トランジスタテレビ用小形受像管
 - 最近の各種鉛被用鉛合金の検討
 - 球状黒鉛鋳鉄の諸性質に及ぼすMn, Cu, Snの影響
 - ブラシのしゅう動特性について
- 座席予約特集
- 座 席 予 約 自 動 化 の 展 望
 - MARS-101 座席予約のシステムの設計
 - MARS-101 座席予約の実時間処理方式の基本構想
 - MARS-101 座席予約リアルタイムプログラム
 - MARS-101 座席予約操作プログラム
 - MARS-101 座席予約中央処理装置
 - MARS-101 座席予約用電信交換処理
 - MARS-101 座席予約用端局装置
 - MARS-101 座席予約自動システム建設工事

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座東京71824番
取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座東京20018番